心理学报 2018, Vol. 50, No.5, 473−482
Acta Psychologica Sinica DOI: 10.3724/SP.J.1041.2018.00473

无意识信息的刺激表征及其时间特性*

罗 婷[1] 邱茹依[1] 陈 斌[1] 傅世敏[2]

([1]清华大学心理系，北京 100084) ([2]广州大学教育学院脑与认知科学中心，广州 510006)

摘 要 无意识信息是否存在刺激表征有待解决。实验采用字母 Flanker 任务，通过目标和 flanker 在刺激水平和反应水平上的冲突效应，重点考察阈下 flanker 在刺激水平的表征。在相同的实验设计下，flanker 可觉察时(实验 1A)，观察到经典的刺激冲突效应和反应冲突效应；而 flanker 无意识时(实验 1B)，重复了反应冲突效应，却观察到刺激冲突效应发生反转，提示了无意识信息的反应加工及刺激加工。实验 2 采用符号材料促使刺激−反应的自动联结，减少刺激−反应规则的难度，结果重复了实验 1B 的发现——无意识信息引起反转的刺激冲突。刺激冲突下反转效应的一致结果表明无意识信息的刺激表征影响了认知加工。实验 3 考察这种影响在时间进程上的特点。无意识刺激表征的影响随反应时变化：在快速反应中观察到刺激冲突效应，之后该效应发生反转且反转量随反应时增加而增大。相反，无意识反应表征的影响在不同反应时下保持稳定。以上结果提供了无意识信息存在刺激表征的行为学证据并揭示了其时间特性，提供了无意识领域中不一致研究结果的整合思路。

关键词 无意识；刺激表征；认知冲突；表征水平；flanker 任务

分类号 B842

1 引言

无意识是探索人类认知的重要课题。来自意识缺陷病人(Nakamura, Oga, & Fukuyama, 2012; Rafal, Ward, & Danziger, 2006)及正常人(Lin & Murray, 2014; Martens, Ansorge, & Kiefer, 2011)的研究证据均表明，无意识信息会影响人类的认知加工。主流观点认为无意识信息影响了反应操作加工而非刺激知觉加工(Kiesel, Kunde, & Hoffmann, 2007; Lin & Murray, 2014)。

无意识信息的加工水平或深度颇受研究者们关注。其中，无意识信息究竟是否存在刺激表征，目前尚存争议(Klinger, Burton, & Pitts, 2000; Lin & Murray, 2014; Peters, Kentridge, Phillips, & Block, 2017)。例如，Klinger 等人 (2000)采用启动−掩蔽范式研究语义材料的无意识加工，发现无意识启动内容的语义信息并不总是影响目标成绩。具体而言，当被试对目标的语义内容反应时，无意识启动的语义信息与目标语义信息的一致性会影响任务成绩；而当被试判断目标的非语义内容时，无意识启动的语义信息并不影响目标的加工结果。据此，他们认为无意识语义信息的激活依赖于反应任务，表明无意识信息的反应加工而非刺激加工影响了任务表现。同样，忽视症病人身上也观察到与此一致的结果 (Nakamura et al., 2012; Rafal et al., 2006)。这些研究发现病人对双视野中信息的语义反应加工会影响对侧忽视现象，而语义知觉加工不会有这种影响。由此看来，行为学和神经病理学的证据似乎不支持无意识信息存在刺激知觉水平的表征。然而，来自电生理学的研究却提供了与此相悖的证据。Keifer 等人采用 N400 作为无意识语义加工的指标，标识了无意识信息的刺激表征(Kiefer, 2002; Kiefer & Brendel, 2006; Kiefer & Martens, 2010)。他们采用启动−掩蔽范式，观察到目标词诱发的 N400 波幅在启动词与目标词语义一致(例如，母鸡−鸡蛋)比不一致(例如，母鸡−汽车)时更大，说明无意识启动

收稿日期: 2017-06-02
* 国家自然科学基金(31371142)和清华大学自主科研(2011Z02177)项目的资助。
通讯作者: 傅世敏, E-mail: fusm@gzhu.edu.cn, shimin.fu@gmail.com

的语义内容影响了目标词的语义加工。进一步证明无意识信息存在刺激表征的证据是，无意识启动下的语义 N400 效应在真假词判断(语义无关的反应)和语义判断(语义相关的反应)任务下相似(Kiefer, 2002; Kiefer & Brendel, 2006)。为避免词汇判断带来基于语义信息加工的影响，他们改用判断词汇中字母形状的任务，结果在长间隔下观察到启动–目标的语义 N400 效应；然而，在词汇生命属性判断任务中只在短间隔下观察到该效应(Kiefer & Martens, 2010)。这些证据表明，无意识信息可以独立于语义反应形成语义的刺激知觉加工。然而，尽管无意识信息的刺激(语义)表征得到了神经电生理学证据的支持，但仍欠缺行为层面的证据。

我们认为，无意识信息的刺激表征在行为上不敏感可能与前人的实验操控有关。首先，无意识信息痕迹弱、衰退快(Greenwald, Draine, & Abrams, 1996; Kiefer & Spitzer, 2000)，其影响会随着时间减少。由于启动–掩蔽范式往往通过无意识信息之后的目标反应来考察无意识加工，这可能会弱化无意识表征的强度。另外，前人在启动–掩蔽范式下比较刺激相关任务和无关任务里的刺激(语义)一致性对目标加工的影响来考察无意识刺激表征，仅仅说明了反应相关性在无意识刺激(语义)表征中的重要作用，而不能直接反映是否存在无意识信息的刺激表征。那么，更直接体现无意识刺激表征的方法则是，当无意识信息与目标的反应方式相同时，考察它们刺激内容的一致性是否会影响行为结果。鉴于无意识表征可能会衰减，我们拟同时呈现无意识信息和目标内容，通过二者刺激内容的异同对目标加工的影响来直接考察是否存在无意识的刺激表征。侧抑制(flanker)范式是实现这种操作的理想工具。

侧抑制范式(Flanker task)是研究认知冲突的经典任务(Eriksen & Eriksen, 1974)，通过冲突效应考察信息加工。首先，该任务下的目标呈现在中央位置，与此同时干扰内容(flankers)在其边侧位置。在意识知觉下，flanker 与目标相同时的任务成绩比不同时更好，这种差异称为干扰效应或冲突效应。其次，侧抑制任务可根据反应规则进一步区分刺激水平和反应水平的干扰加工(van Veen, Cohen, Botvinick, Stenger, & Carter, 2001)。具体而言，当目标和 flanker 的刺激内容不同、但以相同的方式反应时，它们会在刺激水平上竞争加工资源但不会在反应水平上竞争资源。因此，刺激冲突条件与无冲突条件的差异(刺激干扰效应)可以作为信息存在刺激知觉表征的证据，该指标体现了信息间的刺激干扰但不包含反应干扰。同理，当目标和 flanker 的刺激内容和反应方式都不同时，此时既包含刺激水平的竞争也包含反应水平的竞争，为反应冲突条件。需要注意，反应干扰效应不仅体现了反应表征也包含刺激表征。综上，侧抑制任务下的冲突效应体现了刺激水平和反应水平的信息加工，因此该范式也可用于考察无意识信息在刺激水平和反应水平的表征。

本研究在侧抑制任务中操控 flanker 字母的意识水平，通过刺激冲突效应和反应冲突效应，考察无意识信息是否存在刺激水平和反应水平的表征。首先，flanker 短时呈现并掩蔽，形成阈下无意识条件。其次，分离刺激冲突和反应冲突，考察无意识信息在刺激水平和反应水平的表征。实验预期如下。如果无意识的 flanker 字母只存在反应表征，那么 flanker 与目标只会在反应水平上竞争表征资源。也就是说，反应冲突条件的成绩会比其它冲突条件更差。由于刺激冲突条件不涉及反应冲突，此种假设下的刺激冲突条件与无冲突条件的结果应该没有差异。尤为关键的是，如果无意识的 flanker 字母还存在刺激水平的表征，那么该字母会影响目标的刺激加工，因此刺激冲突条件与无冲突条件的成绩有差异。本研究包含三个实验。实验 1A 在 flanker 可觉察的情况下展示刺激冲突和反应冲突的基本结果。在此基础上，考察无意识 flanker 的刺激加工和反应加工(实验 1B)。实验 2 改变刺激–反应规则的联结难度，巩固实验 1B 的结论。实验 3 采用时间敏感的数据分析方法，在时间维度上探索无意识信息的刺激加工和反应加工过程。

2 实验 1：无意识信息的刺激加工影响行为表现

实验 1 在侧抑制任务中操控 flanker 字母的意识和无意识觉察水平，以考察意识和无意识加工下 flanker 在刺激水平和反应水平的表征。实验 1A 中 flanker 字母阈上呈现，我们预期 flanker 字母的意识觉察会干扰目标的刺激加工和反应加工，实验结果会观察到刺激冲突效应和反应冲突效应。相反，实验 1B 通过短时呈现 flanker 字母和掩蔽操作，使之处于无意识觉察状态。根据无意识加工的主流观点——无意识信息通过反应表征影响认知加工，我们预期这种阈下呈现时反应冲突条件的成绩较其它冲突条件差，结果会观察到反应冲突效应。关键的是，我们更关心是否存在无意识刺激表征。若存

在, 刺激冲突条件与无冲突条件的成绩会有明显的差异; 否则, 这两个条件的结果无差异。

2.1　方法

2.1.1　被试

实验 1 包含 26 名被试(19~30 岁), 其中 13 人参加实验 1A, 13 人参加实验 1B。被试均为在校大学生、右利手、视力或矫正视力正常。所有被试自愿参加实验, 他们自我报告未参加过类似实验且不清楚实验目的。被试们均签署知情同意书, 并获得金钱报酬或所修课程学分。

2.1.2　设备和刺激

实验在 E-prime 2.0 版本上编写、运行, 刺激呈现在 17 寸纯屏 CRT 显示器上。屏幕分辨率为 1024 × 768, 刷新率为 60 Hz。被试头部距离屏幕大约 70 cm。

实验刺激为 32 号 Arial 字体的字母, "E"、"K"、"H"、"N"等字母均为 30 × 60 像素。Flanker 任务里, 五个字母水平排列, 构成 3.5 × 1.4°视角(见图 1)。被试双手食指放在键盘的"F"和"J"两个按键上做反应。

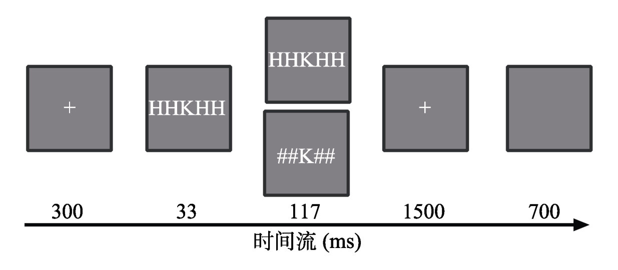


图 1　实验 1 流程示意图

注: 实验 1A 为经典 flanker 任务, 边侧字母呈现 33 ms, 随后一屏为相同内容, 呈现 117 ms (上); 实验 1B 为无意识 flanker 任务, 边侧字母呈现 33 ms, 随后一屏的边侧位置呈现掩蔽 117 ms (下)。

2.1.3　实验流程

试验开始时屏幕中央呈现 300 ms 十字注视点。随后屏幕中央位置水平呈现五个字母, 中间字母为目标, 其左右两侧字母为相同的 flanker, 该屏呈现 33 ms。实验 1A 为意识觉察实验, flanker 字母和目标字母在随后的 117 ms 内保持不变; 实验 1B 为无意识实验, 此时 flanker 变为"#"掩蔽符号(见图 1)。随后呈现十字空屏(反应屏), 要求被试又快又准地判断目标字母。目标为"E"或"H"时被试按其中一个反应键, 为"K"或"N"则按另一个反应键。反应键在被试间平衡。该屏呈现 1500 ms, 或被试按键后消失。试次间隔为 700 ms 空屏。

目标、flanker 字母相同时为无冲突条件; 目标、flanker 字母不同但反应方式相同时为刺激冲突条件; 目标、flanker 字母不同且反应方式不同时为反应冲突条件。无冲突条件、刺激冲突条件、反应冲突条件的比例为 2:1:1, 它们的呈现顺序随机。

练习程序包含 30 个试次, 反应屏消失后给予 2000 ms 的反馈, 告知被试的正确情况和反应时间。正式程序包含 6 组, 每组 65 个试次。每组实验结束后反馈该组成绩, 并提醒被试休息。

无意识实验(实验 1B)后, 被试另做一组 flanker 意识测试。测试流程与正式程序基本一致, 除了: 1)要求被试判断 flanker 位置的字母是哪一个字母, 2)并对无意识字母的选择做信心评估。信心评估为 4 点量表, 从非常不自信(−2)到非常自信(2)。意识测试任务的判断无反应限时。该测试考察被试对 flanker 字母的意识水平。

每组实验的第一个试次不纳入分析。反应时或正确率在总体样本 2 个标准差以外的被试数据将被剔除。被试的平均反应时分析剔除了错误试次、3 个标准差之外的试次。平均反应时和正确率均采用单因素重复测量方差分析(ANOVA)。数据不满足球形假设(Assumption of Sphericity)时, 采用 Greenhouse-Geisser 矫正后的结果。多重比较结果的 p 值用 Bonferroni 方法矫正。

2.2　结果

2.2.1　实验 1A: 意识觉察下的刺激冲突、反应冲突

无冲突、刺激冲突、反应冲突条件的正确率分别为 95.3%、97.1%和 91.3% (见图 2A 上), 冲突效应显著, $F(2,24) = 10.41$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.47$。两两比较的结果表明, 刺激冲突条件与无冲突条件的正确率差异不显著($t(12) = 2.11$, $p = 0.16$), 反应冲突条件的成绩比刺激冲突条件($t(12) = -3.47$, $p < 0.05$, $d = -0.98$)和无冲突条件($t(12) = -2.86$, $p < 0.05$, $d = -0.61$)的成绩更差。

93.45%的试次(反应正确且反应时在 3 个标准差内)用于平均反应时分析。无冲突、刺激冲突、反应冲突条件的反应时分别为 496、523 和 546 ms, 冲突效应显著, $F(2,24) = 57.73$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.83$。刺激冲突条件的目标成绩比无冲突条件的更慢($t(12) = -3.07$, $p < 0.05$, $d = -0.85$), 说明 flanker 和目标在刺激水平上发生了竞争。另一方面, 反应冲突条件的反应时比无冲突条件($t(12) = 9.26$, $p < 0.001$, $d = 2.57$)和刺激冲突条件($t(12) = 6.71$, $p < 0.001$, $d = 1.86$)更长, 提示了 flanker 和目标在反应水平上竞争表征。

实验 1A 的结果发现, 意识条件下 flanker 不但

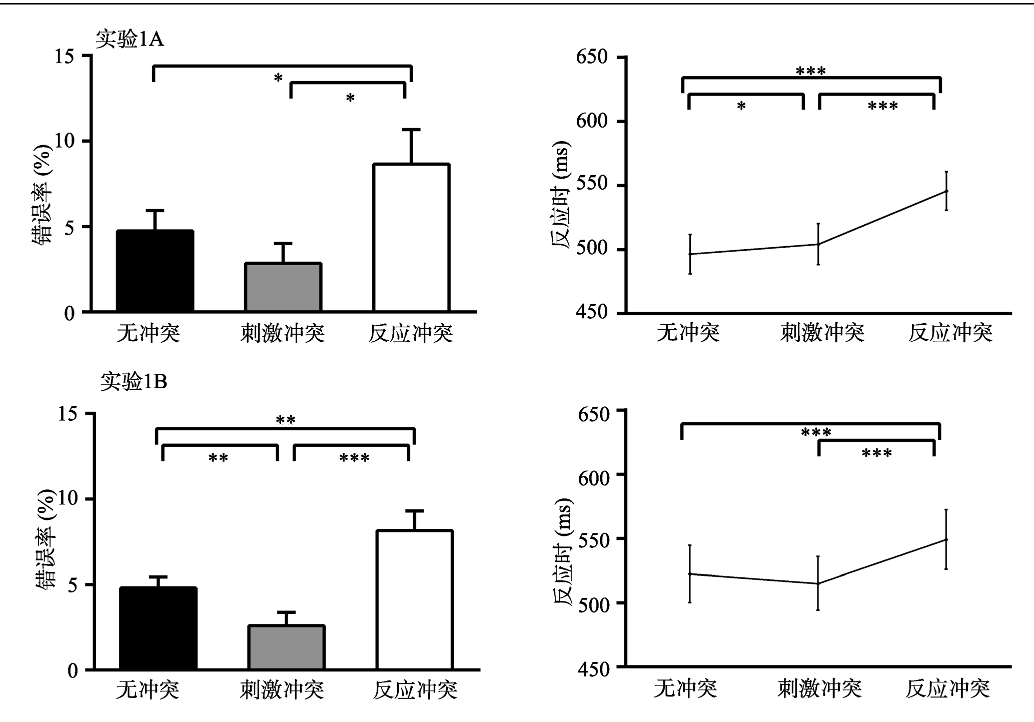


图 2 实验 1A 和实验 1B 中 Flanker 任务的错误率(左)和反应时(右)结果

注：实验 1A (意识加工)的反应时结果表明刺激冲突条件和反应冲突条件的成绩都较无冲突条件差，显示出刺激冲突效应和反应冲突效应。实验 1B (无意识加工)的正确率结果显示了反应冲突效应，然而刺激冲突效应却发生了反转——刺激冲突条件的成绩比无冲突条件的成绩好。误差线表示平均标准误。*$p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$。

影响了目标的刺激加工而且影响了目标的反应加工，表明 flanker 字母存在刺激表征和反应表征。由于 flanker 和目标在刺激表征水平和反应表征水平发生了竞争，结果出现了刺激冲突和反应冲突效应。该结果重复了刺激冲突和反应冲突的相关发现(van Veen et al., 2001; Verbruggen, Notebaert, Liefooghe, & Vandierendonck, 2006)，因此这些实验材料可用于考察无意识信息在刺激水平和反应水平的加工。

2.2.2 实验 1B：无意识刺激冲突、反应冲突

无冲突、刺激冲突、反应冲突条件的正确率分别为 95.2%、98.3%和 93.0% (见图 2 下)，冲突效应显著，$F(2,24) = 14.62$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.55$。两两比较的结果表明，刺激冲突条件的正确率显著高于无冲突条件($t(12) = 4.08$, $p < 0.01$, $d = 1.13$)，反应冲突条件的正确率分别低于无冲突条件($t(12) = -2.82$, $p < 0.05$, $d = -0.78$)和刺激冲突条件($t(12) = -3.89$, $p < 0.01$, $d = -1.08$)。以上结果显示了反转的刺激冲突效应和反应冲突效应，提示无意识信息加工既存在刺激表征也存在反应表征。

95.4%的试次用于反应时分析。无冲突、刺激冲突、反应冲突条件的反应时分别为 544、546 和 564 ms，冲突效应显著，$F(2,24) = 7.58$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.39$。两两比较的结果显示，刺激冲突条件与无冲突条件的反应时差异不显著($t(12) < -1$, $p > 0.05$)，反应冲突条件的反应时比无冲突条件($t(12) = 3.78$, $p < 0.01$, $d = 1.05$)和刺激冲突条件($t(12) = 2.86$, $p < 0.05$, $d = 0.79$)的反应时更长。

Flanker 字母的意识测试结果显示，被试对 flanker 字母的辨别正确率为 28.6%。由于该任务的字母−反应备选项为 4 个，因此随机猜测水平为 25%。意识测试结果与猜测水平无差异，$t(12) = 1.03$, $p > 0.05$。被试的信心评估结果显示：67.7%的试次中被试非常不自信，16.3%的试次中不太自信，11.8%的试次为有点自信，非常自信的试次只占 4.2%。该结果表明，被试在集中注意的情况下几乎不能觉察到 flanker 字母，flanker 字母的无意识控制较成功。

实验 1B 的结果表明，尽管 flanker 字母处于无意识状态，它仍会影响目标字母的加工。首先，刺激冲突与无冲突条件的差异是无意识刺激加工的结果，提示存在无意识信息的刺激表征。因为无论是无冲突条件还是刺激冲突条件，目标和 flanker 的反应方式都一致，所以这两个条件的差异一定与它们在刺激水平上的无意识加工有关。另外，反应冲突条件和无冲突条件的差异显示了反应冲突效应，提示了无意识信息存在反应表征。值得一提的

是，当 flanker 字母与目标字母不同时，被试的成绩与它们反应的一致性紧密相关。具体而言，相比于无冲突条件，刺激冲突条件下目标与 flanker 的反应方式一致时，促进了目标成绩；相反，反应冲突条件下目标与 flanker 的反应方式不一致时，阻碍了目标加工。这个发现似乎表明，当无意识的 flanker 和目标的刺激表征发生冲突的时候，无意识 flanker 刺激表征才会通过刺激−反应联结激活相应的反应表征，进而引起了与反应一致的结果。

3　实验 2：排除规则难度对无意识信息刺激表征的影响

实验 1B 中无意识条件下反转的刺激冲突效应明显与意识条件下的经典结果不一致，是一个新颖的发现。进一步的问题是，该效应是否受到了刺激−反应规则难度的影响？我们猜测，当刺激−反应规则较难时，被试也许需要更多的时间建立刺激−反应的联结。由于无意识信息消退较快(Greenwald et al., 1996; Salti et al., 2015)，无意识的刺激表征可能在进行规则转换的过程中快速衰退，从而与意识知觉中刺激表征之间的冲突有所不同。因此，在容易建立刺激−反应联结的实验中，刺激冲突效应可能会出现或反转效应将削弱。基于此，实验 2 采用带有反应倾向的字母，减少刺激−反应规则难度并促进自动化加工(Tipples, 2002)，以进一步检验实验 1B 结果的可靠性。

3.1　方法

11 名(5 名男生，年龄 17~28)视力或矫正视力正常、右利手的大学生参加本实验。被试们报告未曾参加过类似实验且不清楚实验目的。他们自愿参与实验并签署知情同意书，实验后获得金钱报酬。

实验 2 的实验材料为“b”, “p”, “q”, “d”等字母，它们的半圆特征容易建立与朝向一致的反应(Mattler, 2005)。当目标字母为“p”、“b”时按右键(“J”键)反应，为“q”、“d”时按左键(“F”键)反应。要求被试判断既快又准。

实验程序与实验 1B 基本相同，包括实验流程、实验条件和实验设计。

被试完成实验程序后，接受一组(65 次)flanker 字母的意识测验。意识测验程序与实验程序类似，除了依据实验程序的反应规则判断 flanker 字母，2)并对无意识字母判断做信心评估。信心评估为 4 点量表，从非常不自信(−2)到非常自信(2)。字母判断和信心评估均没有时间限制。

3.2　结果

无冲突、刺激冲突、反应冲突条件的正确率分别为 96.5%、98.3%和 92.3% (见图 3 上)，冲突主效应显著，$F(2,20) = 23.14$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.70$。两两比较的结果显示：刺激冲突条件的正确率比无冲突条件的正确率高($t(10) = 5.59$, $p < 0.001$, $d = 1.68$)；反应冲突条件的正确率比无冲突条件 ($t(10) = −3.91$, $p < 0.01$, $d = −1.18$)和刺激冲突条件 ($t(10) =$

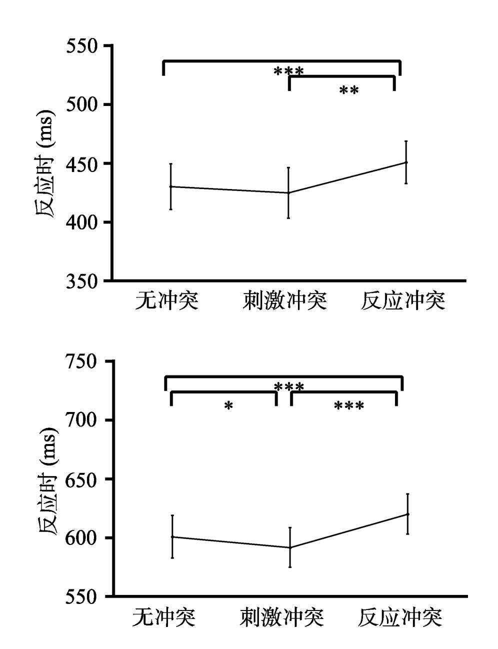


图 3　实验 2 和实验 3 的错误率(左)和反应时(右)结果

注：错误率结果显示，无意识条件下刺激冲突条件的成绩比无冲突条件的成绩更好，说明存在无意识信息的刺激表征。误差线表示平均标准误。*$p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$。

−5.48, $p < 0.001$, $d = −1.65$)的正确率低。该结果与实验 1B 一致, 重复了反应冲突效应和反转的刺激冲突效应。

总体试次的 94.04%用于反应时分析。无冲突、刺激冲突、反应冲突条件的平均反应时分别为 430、425 和 450 ms, 冲突主效应显著, $F(2,20) = 19.70$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.66$。两两比较的结果表明, 刺激冲突条件与无冲突条件的反应时差异不显著($t(10) = −1.38$, $p > 0.05$)。另一方面, 反应冲突条件的反应比无冲突条件($t(10) = 7.35$, $p < 0.001$, $d = 2.22$)和刺激冲突条件($t(10) = 4.44$, $p < 0.01$, $d = 1.34$)的反应更慢。

被试对 flanker 字母判断的正确率为 47.18%, 该结果与随机概率(二选一反应的猜测水平为 50%)相比差异不显著($t(10) = −0.87$, $p > 0.05$)。被试的信心评估结果显示：37.27%的试次中被试非常不自信, 34.61%的试次中不太自信, 22.87%的试次为有点自信, 非常自信的试次只占 1.33%。该结果表明, 被试在集中注意的情况下几乎不能觉察到 flanker 字母, flanker 字母的无意识控制较成功。

实验 2 中也出现了无意识刺激冲突的反转效应和反应冲突效应。需要强调的是, 尽管任务中的实验材料有助于建立刺激−反应联结, 刺激冲突的反转效应依然存在, 表明存在无意识信息的刺激表征。因此, 实验 2 重复了实验 1B 中无意识刺激加工的结果, 巩固了无意识信息存在刺激表征的结论。

4 实验 3：无意识信息刺激表征的时间特性

我们认为实验 1B 和实验 2 的结果表明了无意识信息存在刺激表征。但之所以没有观察到刺激表征的直接证据——刺激冲突效应, 可能是因为无意识刺激表征较脆弱、易消退(Greenwald et al., 1996; Kiefer & Spitzer, 2000; Naccache et al., 2002), 以致引发的微弱刺激冲突效应被随后激活的反应一致加工所掩盖。但是, 另一种可能的解释是, 无意识信息越过了刺激表征过程直接激活反应加工, 而意识信息必须经由刺激表征才能作用于反应阶段(Beckers & Zeki, 1995), 因此意识和无意识的信息不会竞争刺激表征资源。为了检验这两种可能性, 实验 3 使用敏感于时间的 Delta 反应时分布方法, 探索无意识刺激冲突效应随时间的变化特点。

Delta 反应时分布方法是考察冲突机制的重要方法(De Jong et al., 1994; 王力等, 2013; 张德玄, 周晓林, 2007)。De Jong 等(1994)认为, 冲突任务包含规则引起的控制性加工和刺激引起的自动性加工。自动性加工反映了刺激的激活过程, 即刺激自动激活后迅速减弱。因此, 刺激冲突随时间减小, 在 delta 图上表现为负斜率的线图。而控制过程在冲突觉察或解决后产生, 控制加工强度越大 delta 斜率越小。因此, delta 反应时分布方法可以用来考察刺激冲突、反应冲突的时间特性。类似的方法也曾用于无意识信息加工的研究中(Lin & Murray, 2014; Naccache et al., 2002)。如果无意识信息需要刺激表征加工, 那么反应时分布的结果会显示出无意识的 flanker 字母与目标字母在刺激水平上的竞争, 即刺激冲突效应。并且无意识刺激表征的自动激活−衰退假设预期刺激冲突 delta 图为负斜率线图。相反, 若无意识信息越过了刺激表征, 反应时结果则不会显示出刺激冲突效应。

4.1 方法

21 名大学生被试(年龄：18~28 岁, 男生 11 名)自愿参加实验。他们视力或矫正视力正常且为右利手。被试们报告未曾参加过类似实验且不清楚实验目的。他们签署了知情同意书, 实验后获得金钱报酬。

实验 3 采用 6 个刺激、3 种反应的规则, 减少刺激−反应重复的影响(见 Verbruggen et al., 2006; Wendt et al., 2007)。实验材料为“K”, “Z”, “N”, “P”, “L”, “H”等字母, 每两个字母对应一种按键反应。如, 目标刺激为“K”, “Z”, 被试用右手食指按下数字键盘的“4”; 目标刺激为“N”, “P”则右手中指按下数字键“5”; 目标为“L”, “H”则用右手无名指按数字键“6”。无冲突条件、刺激冲突条件、反应冲突条件的比例为 1:1:1, 以平衡冲突类型之间的影响。实验 3 与实验 1B 相同。为了保证反应时分布的每个等分位的试次数充足, 正式程序中被试完成 10 组测试, 每组 81 个试次。

由于错误的反应会影响 delta 图的趋势(Notebaert et al., 2009), 反应时分析不仅剔除了错误试次还剔除了错误反应之后的第一个试次。

4.2 结果

2 名被试的正确率低于总体正确率的 2 个标准差, 不纳入统计分析, 余下 19 名被试的数据贡献了以下结果。

4.2.1 冲突效应

无冲突、刺激冲突、反应冲突条件的平均正确率分别为 93.4%、95%和 91.9% (见图 3 下), 冲突效应显著, $F(2,36) = 16.42$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.48$。两两比较的结果表明, 刺激冲突条件的正确率显著高于

无冲突条件的正确率($t(18) = 2.63$, $p < 0.05$, $d = 0.60$)。反应冲突条件的正确率显著低于无冲突条件($t(18) = −3.35$, $p < 0.01$, $d = −0.77$)和刺激冲突条件($t(18) = −5.26$, $p < 0.001$, $d = −1.21$)的正确率。实验结果显示了刺激冲突的反转效应和反应冲突效应。

91.65%的试次用于反应时分析。无冲突、刺激冲突、反应冲突条件的平均反应时分别为 601、592 和 620 ms, 冲突效应显著, $F(2,36) = 42.96$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.71$。刺激冲突条件的反应时间明显快于无冲突条件的反应时, $t(18) = −3.04$, $p < 0.05$, $d = −0.70$。反应冲突条件的反应时显著慢于无冲突条件($t(18) = 5.97$, $p < 0.001$, $d = −1.37$)和刺激冲突条件($t(18) = 9.02$, $p < 0.001$, $d = 2.07$)。

实验 3 基本重复了实验 1B 和实验 2 的结果(见附录表 1), 即无意识条件下反转的刺激冲突效应和经典的反应冲突效应。

4.2.2　Delta 反应时分布分析

每名被试各冲突条件的反应时按照从小到大的顺序平均分成 5 等分。单个被试刺激冲突条件与无冲突条件在相应等分的平均反应时之差, 为该被试刺激冲突(反转)效应量的 5 等分反应时差异值(张德玄, 周晓林, 2007)。与此类似, 被试的反应冲突量分布则是相应等分下反应冲突条件与无冲突条件的反应时之差。

反应时结果采用 3(冲突类型) × 5(反应时等分组)重复测量方差分析比较了各冲突条件的时间特性。冲突类型主效应显著, $F(2,36) = 38.67$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.68$; 反应时分组主效应显著, $F(4,72) = 249.64$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.99$; 两者交互作用显著, $F(8,144) = 10.52$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.37$。交互作用提示了不同冲突条件随反应时增长的变化趋势不同。

接下来, 我们分析了各冲突效应量随反应时分组的变化(见图 4)。刺激冲突效应的反应时分布结果显示, 反应时分组的主效应显著, $F(4,72) = 8.87$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.33$。非常重要的是, 最快反应组显示出刺激冲突效应(第 1 组, 刺激冲突条件的反应时比无冲突条件的更慢, $F(1,18) = 10.88$, $p < .01$, $\eta_p^2 = 0.38$)。之后, 刺激冲突的反转几乎随着反应时增加而增大。例如, 第 1 等分组和第 2 等分组的刺激冲突效应差异显著(分组 1-2, $F(1,18) = 6.57$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = 0.27$)。同样, 分组 2-3($F(1,18) = 20.99$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.54$)和分组 3-4($F(1,18) = 7.67$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = 0.30$)均显著, 不过分组 4-5($F(1,18) = < 1$, $p > 0.05$)未达显著水平。反应冲突反应时分布上, 分组主效应不显著($F_{4,72} = 1.48$, $p > 0.05$), 且这种趋势几乎在各等分反应组间保持一致(分组 1-2, $F(1,18) = 3.88$, $p > 0.05$; 分组 2-3, $F(1,18) < 2$, $p > 0.05$; 分组 3-4, $F(1,18) < 2$, $p > 0.05$; 分组 4-5, $F(1,18) < 2$, $p > 0.05$)。

刺激冲突(反转)效应和反应冲突效应的 delta 反应时分布的结果明显不同。刺激冲突量随着反应时间的增加而减小, 也就是说反转效应随反应时增加而增大。该结果表明, 无意识信息与意识信息在刺激表征水平上发生了短暂的竞争, 提示无意识刺激表征自动激活并迅速衰退。随后, 刺激表征激活后续的反应加工过程, 促使刺激冲突条件的反应累积过程随反应时增加而增大(Schubert et al., 2013)。与此不同, 反应冲突效应主要反映了无意识反应表征的稳定影响。我们的发现提示了无意识刺激表征可能是无意识信息加工的必经过程, 支持了无意识刺激表征自动激活并迅速衰退的观点。

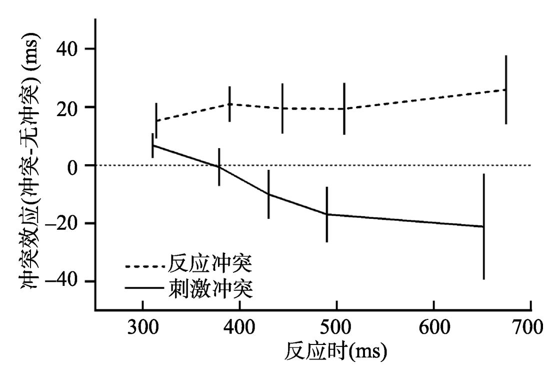


图 4　Delta 反应时分布图

注：无意识刺激冲突效应(实线)、反应冲突效应(虚线)的反应时分布结果。刺激冲突效应随反应时增加而减小：在最快反应时段显示了刺激冲突效应；随后刺激冲突效应减小且反转效应随时间增加。反应冲突效应在各反应时段保持稳定。误差线表示 95%置信区间。

5　讨论

本研究通过操纵无意识的 flanker 字母与目标字母的刺激一致和反应一致关系, 重点考察无意识信息的刺激加工。我们发现, 无意识的 flanker 字母不仅影响目标字母的反应加工, 更重要的是, 还影响目标的刺激加工。该结果证实存在无意识信息的刺激表征, 并提供了无意识刺激表征在时间进程上的行为证据。

本研究发现无意识 flanker 影响目标在刺激水平的加工, 表明无意识信息存在刺激表征。首先, 实验 3 中反应时分布结果提供了无意识刺激表征的

直接证据。反应时分布的结果揭示了快速反应下存在刺激冲突效应，说明了无意识信息与意识信息在刺激表征水平上发生了竞争。该结果提示，无意识信息自动激活了刺激表征，且刺激表征可能是无意识加工的必要阶段。但是，这个阶段保留时间短暂，这可能与无意识刺激表征随时间延迟而衰弱的特性有关(Greenwald et al., 1996)。因此，这个发现也许可以部分解释启动任务下无意识刺激表征的零效应(Lau & Passingham, 2007; Nakamura et al., 2012)，即无意识启动信息的刺激表征迅速衰退因而对随后的目标加工产生微弱的或零影响。其次，实验 1~3 中，刺激冲突条件和无冲突条件的差异也说明存在无意识信息的刺激表征。由于刺激冲突条件和无冲突条件下 flanker 和目标的反应方式都相同，因此，这两个条件之间的差异至少与它们在刺激水平的加工有关，支持了无意识信息的刺激表征。综上，无意识信息存在刺激表征。

无意识信息对行为的影响主要体现在反应水平。我们的研究显示，无意识 flanker 与目标反应一致时的刺激冲突条件促进了目标加工，而反应方式不一致时的反应冲突条件阻碍了目标加工。这个结果表明，无意识信息激活了反应加工，并且主要通过反应水平的一致性影响行为。这与主流观点吻合(Lau & Passingham, 2007; Nakamura et al., 2012)。不过，无冲突条件与刺激冲突条件都意味着 flanker 与目标有相同的反应方式，为何只有刺激冲突条件促进反应加工呢？这一结果明显与它们在刺激表征的冲突水平有关。前人研究发现，无意识加工在知觉阶段发生整合(Grainger, Scharnowski, Schmidt, & Herzog, 2013; Vlassova, Donkin, & Pearson, 2014)。结合本研究来说，当不同意识水平的刺激相同时则整合为相同的刺激表征，此时无意识字母无需额外表征；当它们不同时会分别激活晚期的反应表征。因此，刺激表征发生冲突时，反应一致的无意识 flanker 促进了目标加工，而反应不一致的无意识 flanker 阻碍了目标加工。我们猜测，无意识信息的知觉整合可能是行为结果主要体现出反应表征的原因。总而言之，尽管无意识信息加工主要体现在反应水平，但刺激表征的整合很可能起重要作用。

意识信息和无意识信息分别在刺激水平和反应水平上引起表征冲突，这有助于了解无意识信息的加工通路。早期研究发现无意识信息的加工速度比意识加工更快，研究者们认为这可能是因为无意识信息越过了早期刺激加工脑区(Beckers & Zeki, 1995)。如果意识信息的加工必须经过早期刺激表征区域，我们推测意识和无意识信息在刺激表征水平不会竞争资源。然而，当前研究中无意识和意识的信息在刺激水平和反应水平上的冲突，表明这两种意识水平的信息都经历了刺激加工和反应加工阶段。因而，该结果提示意识加工通路和无意识加工通路也许并非完全相互独立。近期的一些脑成像成果也揭示，意识和无意识信息至少在早期知觉表征上拥有相同的模式(Bijleveld et al., 2014; Koivisto, Mäntylä, & Silvanto, 2010; Salti et al., 2015)。事实上，根据前馈−反馈的理论框架，有研究者认为意识与无意识信息加工的前馈通路可能是相同的(Tapia & Beck, 2014)。因此，结合当前的研究发现，我们认为意识和无意识的信息加工通路有相似的部分，至少它们在刺激水平和反应水平上的表征具有共性。

本研究的结论主要依据正确率而非反应时结果，是由于无意识信息影响了决策过程中的证据累积，因而正确率相比于反应时能更敏感地标识无意识加工(Vlassova et al., 2014)。另外，本研究结论的推广仍需要考虑以下问题。研究中的无意识 flanker 信息与任务加工无关，而且 flanker 效应受空间距离的影响(Eriksen & Eriksen, 1974)。又如，样本量的选取，这些都是考量无意识刺激表征稳定性时需要考虑和进一步验证问题。最后，本研究关于无意识信息的刺激表征及其衰减进程的结论仍需要时间敏感的电生理证据的支持。

6 结论

(1)无意识下的 flanker 信息影响目标的刺激加工，说明无意识信息存在刺激表征。

(2)无意识信息的刺激加工对时间敏感，刺激表征自动激活并迅速衰退。

参 考 文 献

Beckers, G., & Zeki, S. (1995). The consequences of inactivating areas V1 and V5 on visual motion perception. *Brain, 118*, 49–60.

Bijleveld, E., Custers, R., van der Stigchel, S., Aarts, H., Pas, P., & Vink, M. (2014). Distinct neural responses to conscious versus unconscious monetary reward cues. *Human Brain Mapping, 35*(11), 5578–5586.

De Jong, R., Liang, C. C., & Lauber, E. (1994). Conditional and unconditional automaticity: A dual-process model of effects of spatial stimulus-response correspondence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 20*(4), 731–750.

Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters

upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics, 16*(1), 143–149.

Grainger, J. E., Scharnowski, F., Schmidt, T., & Herzog, M. H. (2013). Two primes priming: Does feature integration occur before response activation? *Journal of Vision, 13*(8), 19.

Greenwald, A. G., Draine, S. C., & Abrams, R. L. (1996). Three cognitive markers of unconscious semantic activation. *Science, 273*(5282), 1699–1702.

Kiefer, M. (2002). The N400 is modulated by unconsciously perceived masked words: Further evidence for an automatic spreading activation account of N400 priming effects. *Cognitive Brain Research, 13*(1), 27–39.

Kiefer, M., & Brendel, D. (2006). Attentional modulation of unconscious "automatic" processes: Evidence from event-related potentials in a masked priming paradigm. *Journal of Cognitive Neuroscience, 18*(2), 184–198.

Kiefer, M., & Martens, U. (2010). Attentional sensitization of unconscious cognition: Task sets modulate subsequent masked semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: General, 139*(3), 464–489.

Kiefer, M., & Spitzer, M. (2000). Time course of conscious and unconscious semantic brain activation. *NeuroReport, 11*(11), 2401–2407.

Kiesel, A., Kunde, W., & Hoffmann, J. (2007). Unconscious priming according to multiple S-R rules. *Cognition, 104*(1), 89–105.

Klinger, M. R., Burton, P. C., & Pitts, G. S. (2000). Mechanisms of unconscious priming: I. Response competition, not spreading activation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 26*(2), 441–455.

Koivisto, M., Mäntylä, T., & Silvanto, J. (2010). The role of early visual cortex (V1/V2) in conscious and unconscious visual perception. *NeuroImage, 51*(2), 828–834.

Lau, H. C., & Passingham, R. E. (2007). Unconscious activation of the cognitive control system in the human prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience, 27*(21), 5805–5811.

Lin, Z., & Murray, S. O. (2014). Unconscious processing of an abstract concept. *Psychological Science, 25*(1), 296–298.

Martens, U., Ansorge, U., & Kiefer, M. (2011). Controlling the unconscious: Attentional task sets modulate subliminal semantic and visuomotor processes differentially. *Psychological Science, 22*(2), 282–291.

Mattler, U. (2005). Flanker effects on motor output and the late-level response activation hypothesis. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A, 58*(4), 577–601.

Naccache, L., Blandin, E., & Dehaene, S. (2002). Unconscious masked priming depends on temporal attention. *Psychological Science, 13*(5), 416–424.

Nakamura, K., Oga, T., & Fukuyama, H. (2012). Task-sensitivity of unconscious word processing in spatial neglect. *Neuropsychologia, 50*(7), 1570–1577.

Notebaert, W., Houtman, F., van Opstal, F., Gevers, W., Fias, W., & Verguts, T. (2009). Post-error slowing: An orienting account. *Cognition, 111*(2), 275–279.

Peters, M. A. K., Kentridge, R. W., Phillips, I., & Block, N. (2017). Does unconscious perception really exist? Continuing the ASSC20 debate. *Neuroscience of Consciousness, 3*(1), nix015, doi: 10.1093/nc/nix015.

Rafal, R., Ward, R., & Danziger, S. (2006). Selection for action and selection for awareness: Evidence from hemispatial neglect. *Brain Research, 1080*(1), 2–8.

Salti, M., Monto, S., Charles, L., King, J. R., Parkkonen, L., & Dehaene, S. (2015). Distinct cortical codes and temporal dynamics for conscious and unconscious percepts. *eLife, 4*, e05652.

Schubert, T., Palazova, M., & Hutt, A. (2013). The time course of temporal attention effects on nonconscious prime processing. *Attention, Perception, & Psychophysics, 75*(8), 1667–1686, doi: 10.3758/s13414-013-0515-0.

Tapia, E., & Beck, D. M. (2014). Probing feedforward and feedback contributions to awareness with visual masking and transcranial magnetic stimulation. *Frontiers in Psychology, 5*, 1173.

Tipples, J. (2002). Eye gaze is not unique: Automatic orienting in response to uninformative arrows. *Psychonomic Bulletin & Review, 9*(2), 314–318.

van Veen, V., Cohen, J. D., Botvinick, M. M., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2001). Anterior cingulate cortex, conflict monitoring, and levels of processing. *NeuroImage, 14*(6), 1302–1308.

Verbruggen, F., Notebaert, W., Liefooghe, B., & Vandierendonck, A. (2006). Stimulus- and response-conflict-induced cognitive control in the flanker task. *Psychonomic Bulletin & Review, 13*(2), 328–333.

Vlassova, A., Donkin, C., & Pearson, J. (2014). Unconscious information changes decision accuracy but not confidence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111*(45), 16214–16218.

Wang, L., Zhang, L.-W., Zhang, M.-L., & Chen, A.-T. (2013). The status of the nonresponding hand affect Simon effect in the Go/No-Go task. *Journal of Psychological Science, 36*(1), 38–43.

[王力, 张栎文, 张明亮, 陈安涛. (2013). Go/No-Go 范式中非反应手状态对 Simon 效应性质的影响. *心理科学, 36*(1), 38–43.]

Wendt, M., Heldmann, M., Münte, T. F., & Kluwe, R. H. (2007). Disentangling sequential effects of stimulus- and response-related conflict and stimulus-response repetition using brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience, 19*(7), 1104–1112.

Zhang, D. X., & Zhou, X. L. (2007). Delta plot analysis and its use in conflict control studies. *Advances in Psychological Science, 15*(3), 545–551.

[张德玄, 周晓林. (2007). Delta 图分析方法及其在冲突控制研究中的应用. *心理科学进展, 15*(3), 545–551.]

附录：

附表 1　实验 1~实验 3 各冲突条件的正确率(%)、反应时(ms)及冲突效应($M \pm SE$)

实验		无冲突	刺激冲突	反应冲突	刺激冲突效应	反应冲突效应
实验 1A (n = 13)	正确率	95.3 ± 1.2	97.1 ± 1.2	91.3 ± 2.0	1.9 ± 0.9	3.9 ± 1.2*
	反应时	496 ± 15	504 ± 16	546 ± 15	8 ± 2*	49 ± 5***
实验 1B (n = 13)	正确率	95.2 ± 0.7	98.3 ± 0.3	93.0 ± 1.2	2.2 ± 0.5**	3.4 ± 0.9**
	反应时	544 ± 22	546 ± 22	565 ± 21	–7 ± 5	17 ± 4***
实验 2 (n = 11)	正确率	96.5 ± 1.2	98.3 ± 1.1	92.3 ± 1.4	1.8 ± 0.3***	4.2 ± 1.1**
	反应时	406 ± 12	397 ± 12	439 ± 13	–9 ± 4	33 ± 6***
实验 3 (n = 19)	正确率	93.6 ± 0.7	95 ± 0.6	91.9 ± 0.9	1.3 ± 0.5*	1.7 ± 0.5*
	反应时	601 ± 18	592 ± 16	620 ± 17	–9 ± 3*	19 ± 3***

注：*$p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

The stimulus representation of unconscious information and its temporal characteristics

LUO Ting[1]; QIU Ruyi[1]; CHEN Bin[1]; FU Shimin[2]

([1] *Department of Psychology, Tsinghua University, Beijing* 100084, *China*)

([2] *Department of Psychology and Center for Brain and Cognitive Sciences, Guangzhou University, Guangzhou* 510006, *China*)

Abstract

The current study reports three experiments to test whether and how unconscious activation of distractors with subliminal presentation, especially at stimulus level, affects response to targets in a letter flanker task.

In each experiment, the flanker letters were made unconscious using visually backward masking letters. As classic Flanker tasks, the congruency between target letters and flankers were manipulated to form three conditions – conflicting at stimulus level, conflicting at response level, and non-conflicting. Stimulus conflict referred to trials in which the target and the flankers differed but linked to the same response key, indicating that the competition between the target and flankers occurs at stimulus level. In contrast, response conflict referred to trials where the target and flankers were not only different but also associated with distinct response keys, indicating that the competition between the target and flankers emerges at both the stimulus and response levels. Non-conflict referred to congruent target and flankers trials, used as a baseline condition. Accordingly, the stimulus conflict effect was the difference between stimulus conflict and non-conflict conditions, while the response conflict effect was the difference between response conflict and non-conflict condition. A total of fifty seven participants this study.

Experiment 1A was a baseline experiment with supraliminal flankers, in which the classical effects of stimulus conflict and response conflict were observed. However, when the flankers were made unconscious in Experiment 1B using subliminal flankers, a reversed stimulus conflict effect emerged but the response conflict effect maintained. These results were replicated in Experiment 2 when symbolic stimuli were used to reduce the difficulty in forming a stimulus-response association. Likewise, the effects were observed in Experiment 3 with more stimuli and response types were introduced. Crucially, the effect of stimulus conflict dynamically varied along different time windows, while the effect of response conflict was stable across time windows.

Altogether, the results provided systematically behavioral evidence for the subliminal activation of distractors that affects target performance at both the stimulus and response levels in a flanker task. The data indicated that the unconscious representation of distractors dynamically influences stimulus processing of targets over time but exerts a stable impact on responses. Our findings, especially the unconscious representation at stimulus level can clarify the mechanism and integrate previous contradicting conclusions of unconscious processing.

Key words　unconscious processing; stimulus representation; cognitive conflict; level of representation; flanker task